

저밀도 유도결합플라즈마 처리를 이용한 그래핀 클리닝

임영대^a, 이대영^a, 심전자^a, 라창호^a, 유원종^a

^a성균관대학교 나노과학기술협동학부 (E-mail: greenns@skku.edu)

초 록: 저밀도 알곤 유도결합플라즈마(Ar-ICP) 를 적용한 그래핀 클리닝 연구를 보고한다. 알곤 축전결합플라즈마(Ar-CCP) 는 높은 이온포격에너지 (수백 eV) 로 인하여 그래핀의 C-C sp² bonding을 쉽게 파괴하고 defect을 형성시킨다. 그러나 저밀도 ($n_i < 5 \times 10^8 \text{cm}^{-3}$) Ar-ICP 에 노출된 그래핀은 낮은 이온포격에너지, 이온밀도로 인하여 defect 이 형성되지 않고 residue 제거가 가능하였다. Graphene 이 집적된 back-gated field effect transistor (G-FET) 가 저밀도 Ar-ICP 에 노출될 경우 resist residue 제거로 인하여 V_{dirac} 이 0 V 방향으로 이동하고 mobility 가 증가하는 것을 확인하였다.

1. 서론

탄소 단층구조로 이루어진 2차원 물질, 그래핀이 전자소자에 집적될 경우 소자제작공정 (예:리소그래피) 과정에서 resist residue 에 의한 오염을 피할 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해 thermal annealing^{1,2}, electrical current annealing³, chloroform treatment¹ 와 같은 공정들이 개발, 보고되었다. 하지만 thermal annealing 의 경우 고온(200도 이상), 저속 (수 시간) 공정이며 electrical current annealing 은 대면적 공정이 불가능하다. Chloroform treatment 경우 강한 독성 마취제로 친환경 공정에 부적합하다. 본 연구에서는 Ar-ICP를 이용한 graphene cleaning 공정기술을 보고한다. $5 \times 10^8 \text{cm}^{-3}$ 이하의 이온밀도를 가진 Ar-ICP를 통하여 그래핀의 defect 형성을 억제하는 가운데 그 표면에 존재하는 resist residue 제거가 이루어졌다. ICP를 이용한 그래핀 클리닝 공정은 대면적, 저온, 고속, 친환경 공정이 가능하다.

2. 본론

Ar-ICP (5W_이온밀도: $4 \times 10^8 \text{cm}^{-3}$) 에 노출된 그래핀의 표면분석을 AFM 으로 수행하였으며 그 결과는 Fig. 1 과 같다. Ar-ICP 가 162s 방전되었을 때 그래핀 표면에 존재하는 resist residue 가 거의 제거되었다. 그 이후 그래핀이 Ar-ICP (5W) 에 노출되어도 그래핀의 표면 프로파일은 나타나지 않았다. 다음 Fig. 2 는 여러 조건의 Ar-ICP 에 노출된 그래핀의 Raman 분석이다. 5W 의 Ar-ICP 에 노출된 그래핀은 D-peak 이 증가되지 않았다. 하지만 40 W 에서는 D peak 이 발생되었다. Figure 3 은 Ar-ICP (5W) 처리시간에 따른 G-FET 의 $I_{ds}-V_{bg}$ curve 변화다. 처리시간이 증가함에 따라 mobility (electron 과 hole mobility 의 평균) 는 1300에서 4200 cm^2/Vs 로 증가하였다.

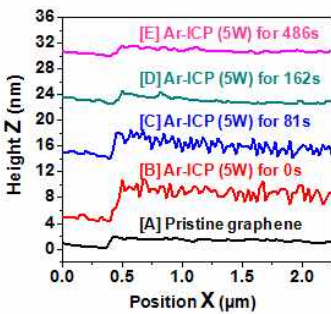


Figure 1. Ar-ICP(5W) 방전시간에 따른 그래핀의 AFM 표면분석.

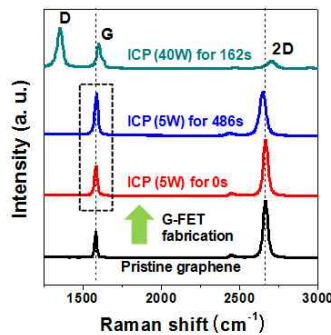


Figure 2. ICP 파워, 시간에 따른 그래핀의 Raman 분석

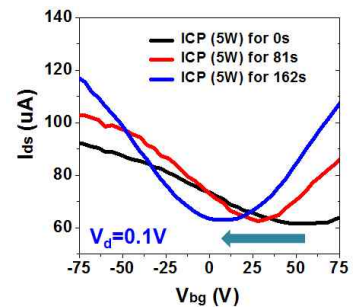


Figure 3. G-FET 의 $I_{ds}-V_{bg}$

3. 결론

RF-power 5W가 적용된 저밀도 Ar-ICP를 형성하였다. 이 ICP 를 통하여 graphene 의 defect 형성을 억제하는 가운데 polymer resist residue 제거를 수행하였다. Impurity carrier 들이 제거된 그래핀은 V_{dirac} 이 0 V 로 회귀하며 mobility 가 증가하였다. 저밀도 ICP를 이용한 그래핀 클리닝 공정은 thermal annealing, current annealing, chemical treatment를 고속, 저온, 대면적, 친환경 측면에서 대체할 수 있는 공정기술이다.

참고문헌

1. Cheng, Z. G.; Zhou, Q.; Wang, C.; Li, Q.; Wang, C.; Fang, Y. *Nano Lett.* **2011**, *11*, 767-771.
2. Dan, Y. P.; Lu, Y.; Kybert, N. J.; Luo, Z. T.; Johnson, A. T. C. *Nano Lett.* **2009**, *9*, 1472-1475.
3. Moser, J.; Barreiro, A.; Bachtold, A. *Appl. Phys. Lett.* **2007**, *91*, 163513.